

第 8 章 排水施設の設計

関連条項〔基準 14、運用 14〕

8.1 概 説

8.1.1 基本的事項

排水は、農道を建設・維持管理する上で重要要素の一つであり、農道の計画・設計・施工・維持管理の各段階において、現地の自然条件、地形条件等を十分に把握し、適切に対応しなければならない。

一般に農道の構築材料は、水の浸入によってその強度が低下する。このため、農道の破壊は水が原因となって起こることが多い。また、路面が湛水することによって、交通の機能及び安全性の低下を引き起こす。したがって、排水施設は非常に重要なものである。

なお、排水施設の設置に伴い、下流域に存在する湿地や沢が水枯れしないように集水域を大きく変更しないことや、小動物が脱出可能な排水施設等、環境への影響についても十分検討する必要がある。また、設計諸元、図面、設計・施工上の技術的課題及び留意事項等の一連の情報を分かりやすく記録・整理して、施設管理者等へ確実に引き継ぐことが重要である。

農道の排水を考える場合には、一般に次のような事態を考慮して、表面排水、地下排水、法面排水、構造物の排水について検討することが必要である（図-8.1.1 参照）。また、経済性の検討の際には、ライフサイクルコストを考慮することを原則とする。

- ① 路面の排水の遅滞による交通の停滞やスリップ事故
- ② 路面あるいは隣接部から浸入する表流水の農道内部への浸透による農道の破壊
- ③ 農道に隣接する地帯から浸透してくる水及び地下水面から上昇してくる水による、農道の劣化及び破壊
- ④ 法面の侵食、崩壊
- ⑤ 橋梁、トンネル、擁壁等構造物の機能低下及び破壊
- ⑥ 寒冷地における凍上による路床支持力の低下及び農道の破壊

なお、排水の計画に際しては、流末処理についても十分配慮しなければならない。

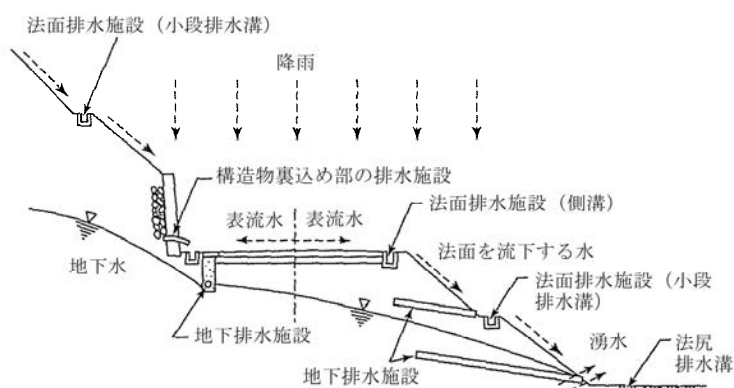


図-8.1.1 排水の構成²⁾

8.1.2 排水工の種類

排水工の種類は、次のとおりである。

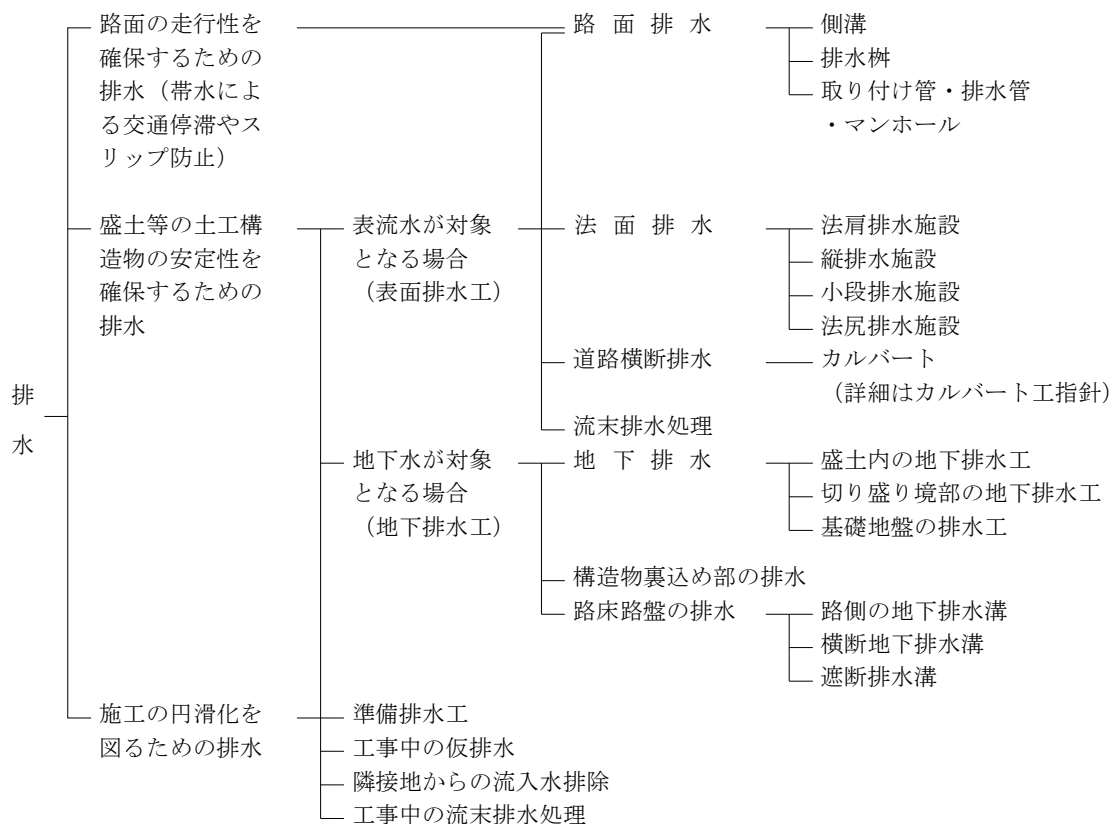


図-8.1.2 排水工の種類²⁾

8.2 表面排水

8.2.1 一般事項

表面排水工は、路面、法面、及び近隣地域から農道内に流入する降雨や融雪水を農道外に速やかに排除して、農道構造物の安全性を確保し、通行車両の走行に対し支障とならないように設計しなければならない。

表面排水の集水範囲は、原則として次の点を考慮して決定する。

- ① 農道用地内に降った雨水等は、原則として表面排水工により排水する。
- ② 農道用地外に降った雨水等は、地形上やむを得ない場合を除き、原則として表面排水工には流入させないものとする。ただし、傾斜地のほ場内農道については、流域排水と農道用地排水を共通に処理した方が合理的かつ経済的になることがあるため、その場合には、傾斜地の流域を含めて集水範囲として計画してもよい。

農地保全の観点から、必要であれば農道と排水路を兼用する構造とした水路兼用農道も考慮する。また、水田地域のほ場内農道については、ほ場の排水も含めた施設とする場合が多いので、横断勾配を設け路面に雨水が停滞しないようにする。

なお、この場合の舗装構造は一般の農道に準じたものとするが、排水路としての利用を考慮して特に安全対策に留意する必要がある。

8.2.2 雨水流出量の計算方法

排水施設の能力を定めるためには、その排水施設で処理しなければならない流量、主として雨水流出量を知る必要がある。雨水流出量の算定は、原則として、合理式（ラショナル式）を用いて計算するのが望ましい。また、接続される水路網の計算方法も確認し整合が図れるように計画するのがよい。

なお、雨水流出量の考え方については、「道路土工要綱」を参照している。

(1) 計算手順

雨水流出量の算定手順を図-8.2.1に示す。ただし、実際上は図-8.2.1の繰返し部はチェック程度にとどめ、流達時間を1～2回仮定して行う。具体的には、まず流達時間の項を参照して流達時間を仮定する。この段階では流量が求められていないので、流下時間の算定はできないことから、流達時間は仮定値とならざるを得ない。次に、この時間に対応する降雨強度を決定する。この降雨強度から流出量の計画値が求められる。この流出量に対応する流達時間を再び求め、先に仮定した流達時間に近い値となるかどうかを検証する。流達時間の差が大であれば再度仮定値を与えて計算を繰り返す。

一般には、仮定値が計算値より小であれば試算を打ち切ってよいが、その目安は仮定値と計算値の差が仮定値の2割以内程度とすることが望ましい。

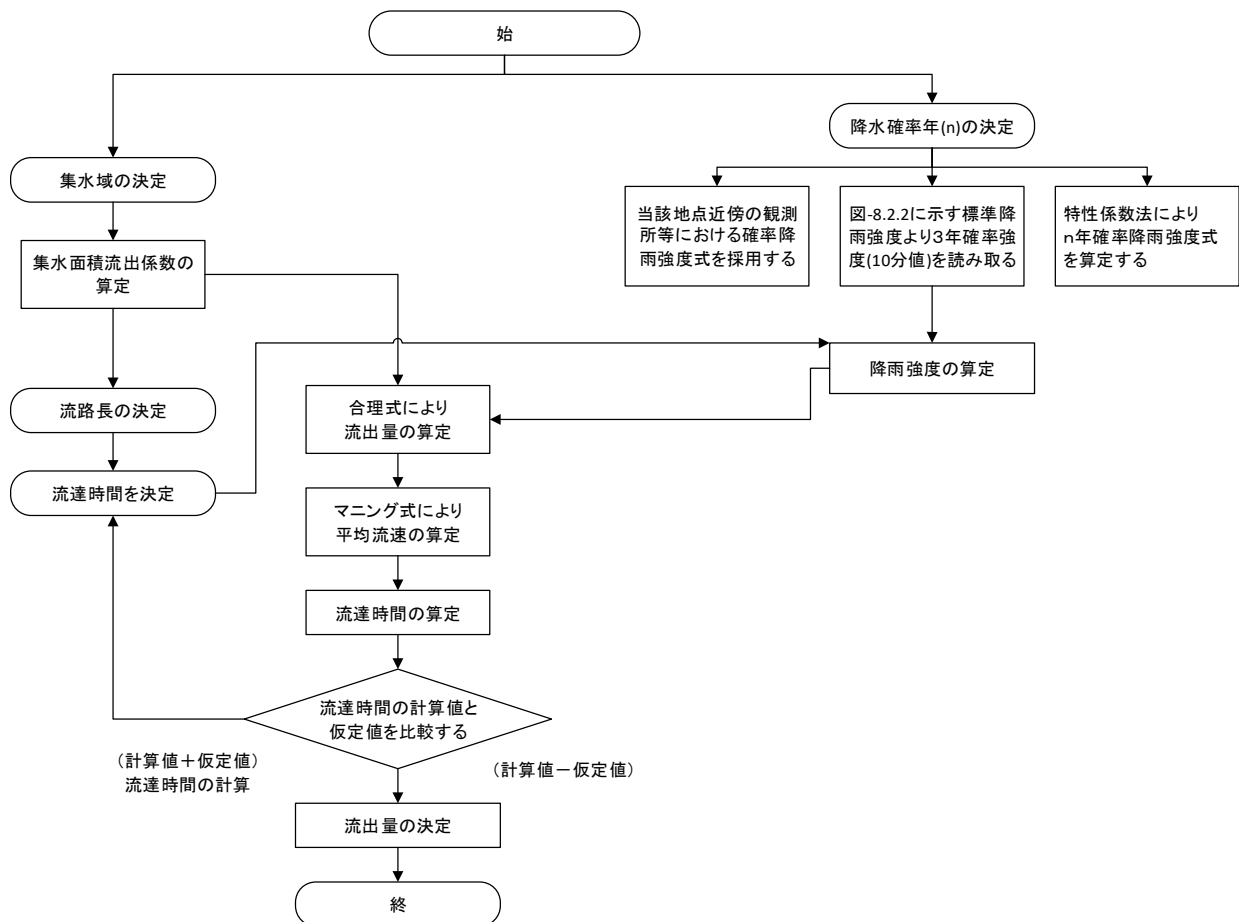


図-8.2.1 雨水流出量の算定手順²⁾

(2) 流出量の計算式

従来、排水施設は過去の降雨による流出量等を参考として、経験的に定めてきたものが多いが、雨水流出量の算定は、合理式（ラショナル式）を用いて計算するのが望ましい。

合理式は、集水区域最遠点からの雨水が計画地点に流達した場合に、最大流出量になると仮定している。そのため、流達時間の把握が重要であるが、流達時間はもちろん、流出係数も降雨強度によって変化する。

また、合理式における流出係数には、浸透、蒸発等に関係するもののほか、集水区域の特性や、側溝等の排水施設での雨水の停滞の要素も全て含まれているので、その適用に当たっては、将来の土地利用形態等を十分配慮して決定する。

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.1)}$$

ここで、 Q ：流出流量（ m^3/s ）

C ：流出係数

I ：流達時間内降雨強度（ mm/h ）

A ：集積面積（ km^2 ）

(3) 降雨確率年の定め方

降雨強度算定のための確率年を決定しなければならない。この確率年は、交通の確保と構造物の安全を目標とするものであり、表面排水については表-8.2.1を参考にして決めるとよい。

特に、横断排水路の場合には、沿道の家屋、田畑への湛水による被害を考慮して、適切な確率年を選ぶ。

表-8.2.1 計画交通量の区分による排水施設別採用降雨確率年の標準²⁾

計画交通量 (台/日)	降雨確率年	
	①	②
4,000以上	} 3	10
4,000未満 1,500以上		} 7
1,500未満 500以上		
500未満		5

注) ①は、路面や小規模な法面等、一般の道路排水施設に適用する。

②は、長大な自然斜面から流出する水を排除する道路横断排水施設等、重要な排水施設に適用する。

(4) 降雨強度

合理式による雨水流出量の算定においては、降雨が集水区域の最遠点から流下してくるまでの時間、すなわち流達時間 t (min) に対応した降雨強度 I (mm/h) を求める。そのためには、次の3方式を採用する。

① 近傍観測所の確率降雨強度式の適用

② 標準降雨強度図の利用

③ 特性係数法の適用

側溝のような路面排水施設の設計には、②の方法を用いるものとする。

道路を横断する暗渠（カルバート）の通水断面を決定するといった重要な排水施設の設計に当

たつては、上記①の方法によるものとし、近傍における雨量観測所の降雨量の資料が得られない場合には、上記③の方法によるものとする。

ア 近傍観測所の確率降雨強度式の適用

合理式における確率降雨強度式には、タルボット (Talbot) 式、シャーマン (Sherman) 式、久野・石黒式、一般式 (Cleveland) があり、それぞれ降雨継続時間の長短により異なった降雨強度の特徴を示す。

ここでは、タルボット式を紹介する。

$$I = \frac{a}{t + b} \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.2)}$$

ここに、 I : 降雨強度 (mm/h)

a 、 b : 対象とする地域によって異なる定数

t : 降雨継続時間 (min)

降雨継続時間は、「(7) 流達時間」の項で求められる流達時間である。

t が 10 分以下となる場合には、時間決定の精度、経済性等から $t=10$ 分として計算する。

この式を作成するには、任意の継続時間に対する降雨量の資料を必要とする。道路排水を計画する地点の近傍の雨量観測所の資料を入手し、その生起確率を評価して作成することとなるが、既に市町村等の下水道部局では降雨強度式が作成されている場合が多いので、これらの資料を活用することができる。なお、下水道部局では、通常 5 年から 10 年の確率が採用されていることが多いので、確率年が異なれば、資料の見直しを必要とする。

一般に短時間、特に 60 分以下の降雨強度の資料は得にくい場合が多いので、既往の調査結果等を活用することが望ましい。

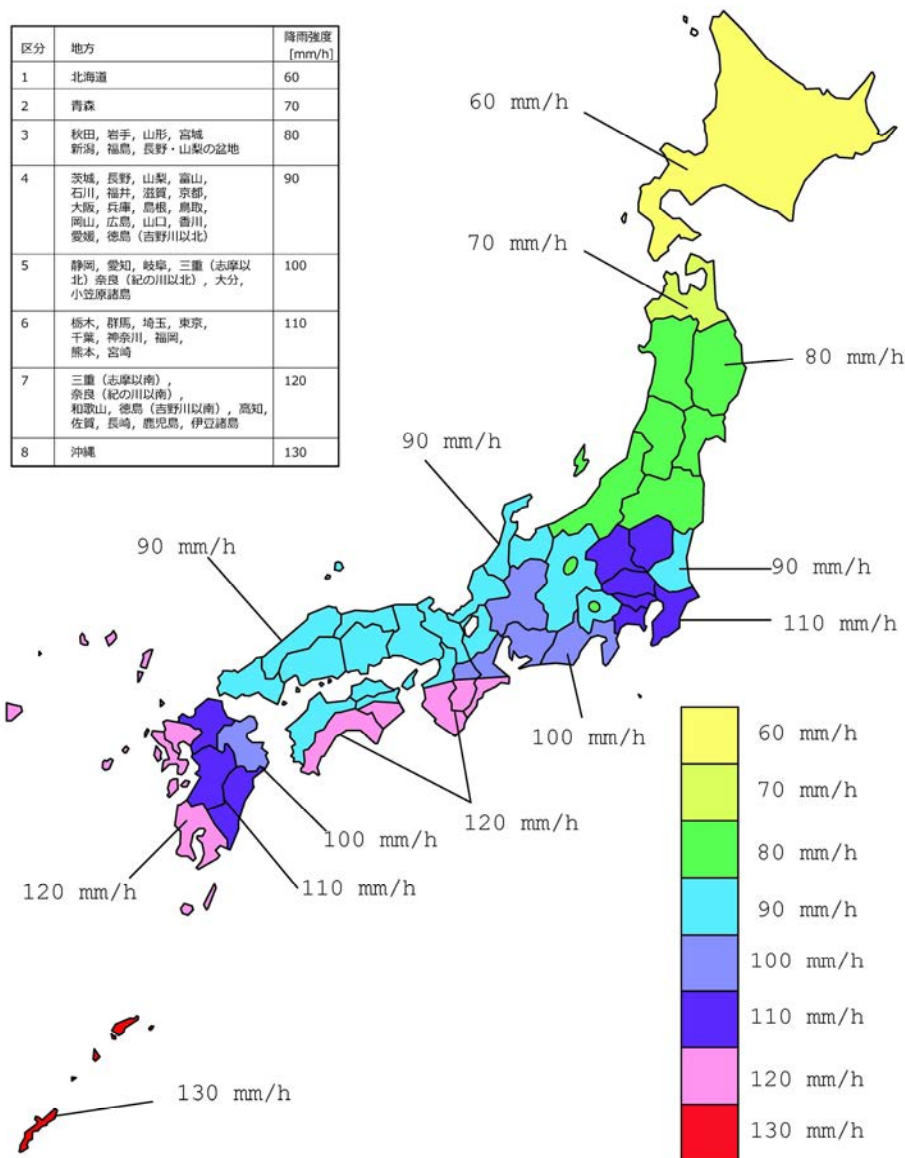
イ 標準降雨強度図の利用

路面排水等の流達時間が極めて短く、かつ、街渠枿のように数多くの設計をしなければならない場合には、図-8.2.2 に示す標準降雨強度を用いることができる。

これは、3 年確率 10 分間降雨強度全国図として作成されたものである。すなわち、全国約 150 地点における気象官署の 1961～2008 年の 48 年間の降雨資料から 3 年確率 10 分間雨量強度を求め、また、全国約 1,300 地点における AMeDAS 観測所の 1976～2008 年の降雨資料から、後述の「③特性係数法の適用」の方法で求めた 3 年確率 10 分降雨強度の分布を参照しつつ、原則として都道府県ごとの代表的な降雨強度を設定し、全国マップとしたものである。この図に示す値を用いる場合には次の点に注意しなければならない。すなわち、この図を作成するに当たって用いられた基礎データは都市部を中心としたものであり、山岳部等の地形的な要因による降雨量増加を考慮に入れなければならない場合は、2～4 割の割増しをする必要がある。

標準降雨強度図

(1961-2008 年気象官署データに基づく 3 年確率 10 分間降雨強度)

図-8.2.2 路面排水施設等に用いる標準降雨強度 (10 分値)²⁾

リ 特性係数法の適用

降雨強度式を簡単に求める方法として、岩井・石黒によって提案された特性係数法がある。この方法は、降雨資料のうち 60 分雨量と 10 分雨量のみを使用して確率降雨強度式を求めるものであり、従来行われてきた確率計算法とほとんど変わらない精度であることが知られている。

特性係数法によって式 (8.2.2) の形の確率降雨強度式を求める場合の特性係数式は、式 (8.2.3) のようになる。

$$I_n = R_n \cdot \beta_n = R_n \cdot \frac{a'}{t+b} \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.3)}$$

ここで、
 I_n : n 年確率の降雨強度 (mm/h)
 R_n : n 年確率 60 分降雨強度 (mm/h)
 β_n : n 年確率特性係数
 t : 降雨継続時間 (min)
 a' 、 b : 定数

a' 、 b の各定数は、 $t=60$ 分で $\beta_n=1$ という条件での 60 分雨量と 10 分雨量とから算出される β_n^{10} を用いて、式 (8.2.4) のように求められる。

$$\left. \begin{array}{l} a' = b + 60 \\ b = \frac{60 - 10 \cdot \beta_n^{10}}{\beta_n^{10} - 1} \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.4)}$$

ここに、 β_n^{10} : 10 分間 n 年確率特性係数

β_n^{10} は、 n 年確率における 60 分と 10 分との降雨強度比であり、以下のように算出する。

$$\beta_n^{10} = I_n^{10} / I_n^{60} \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.5)}$$

I_n^{10} (mm/h) と I_n^{60} (mm/h) については、観測資料から確率分布形を決定した後に、統計的に求める必要がある。

上述した特性係数法では、確率年 n に応じて異なる β_n^{10} を用いなければならないが、10 分間 n 年確率特性係数 β_n^{10} は確率年 n に余り影響を受けないことを利用して、確率年に関して平均化された 10 分間特性係数 β^{10} を用いる簡略化した方法もある。すなわち、地域特性のみを示す係数として捉えるものである。以下ではこの方法により設計降雨強度 I_n を求める手順を述べる。

① 降雨の継続時間は雨水の流達時間 t (min) に等しくとる。

降雨継続時間 t (min) は、「(7) 流達時間」の項で求められる流達時間に等しくとる。

② 降雨の地域特性を示す 10 分間特性係数 β^{10} を図-8.2.3 により求める。

③ n 年確率設計降雨強度 I_n を次式によって求める。

$$I_n = R_n \cdot \beta \quad (\text{mm/h}) \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.6)}$$

ここに、 n 年確率 60 分降雨強度 R_n は章末に示す【資料-1】～【資料-4】により求め、また β は降雨の継続時間 t と降雨の地域 10 分間特性係数 β^{10} によって決まる補正係数で、式 (8.2.7) により求める。

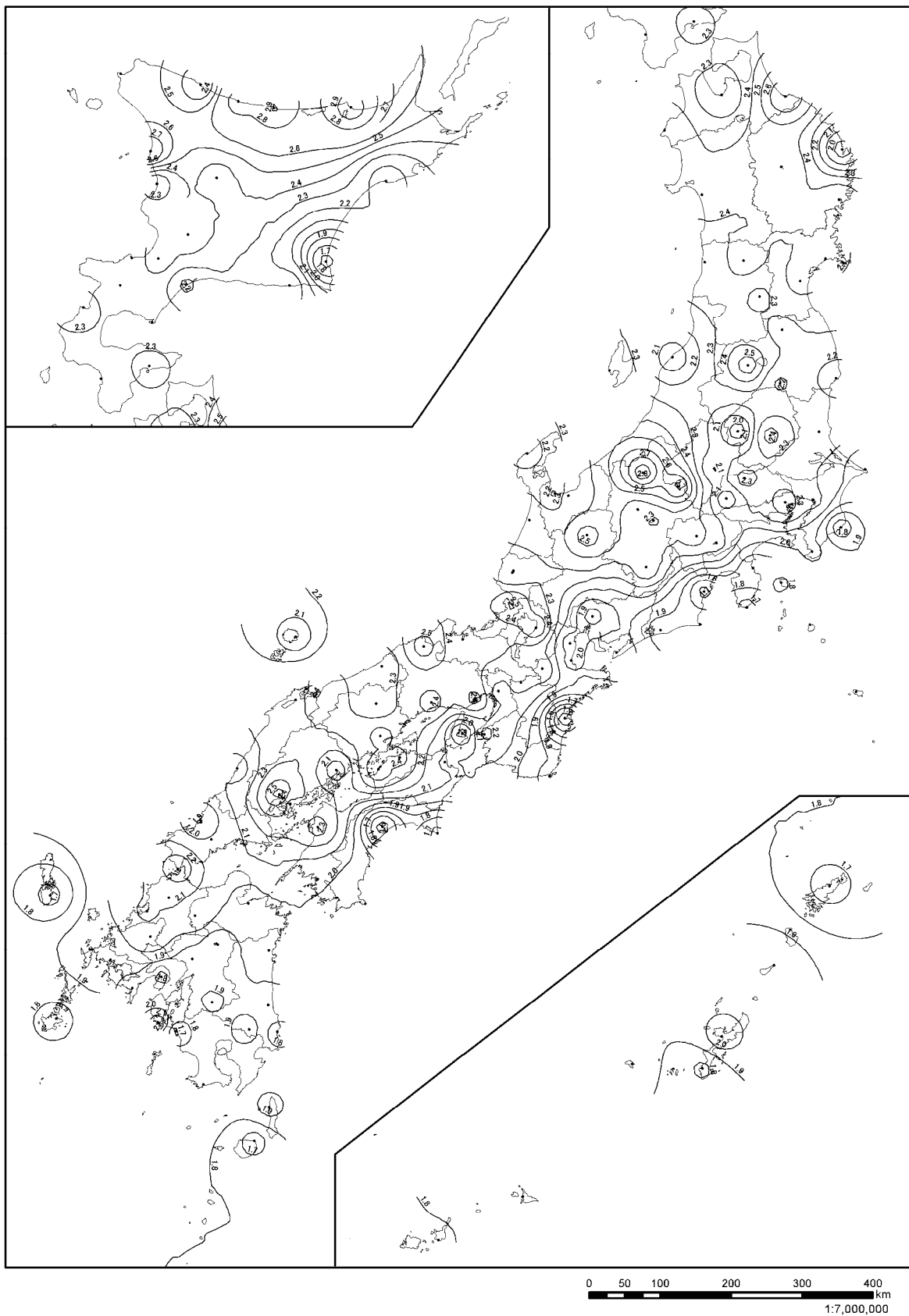


図-8.2.3 降雨の地域特性を示す係数 β^{10} 図²⁾

$$\beta \begin{cases} = \beta^{10} & (\text{降雨継続時間} = \text{流達時間} : t \leq 10\text{min}) \\ = \frac{60+b}{t+b} & (\text{降雨継続時間} = \text{流達時間} : t > 10\text{min}) \end{cases} \dots\dots\dots \text{式 (8.2.7)}$$

$$b = \frac{60 - 10\beta^{10}}{\beta^{10} - 1}$$

ここに、図-8.2.3 に示す 10 分間特性係数 β^{10} は、全国 150 か所の気象官署における 48 年間（1961～2008 年）の降雨資料から、確率年 3、5、7、10、20、30 年に対応する 10 分間降雨強度と 60 分間降雨強度の比を求め、それらの平均値をとって図示したものである。また、 n 年確率 60 分降雨強度 R_n は、全国約 1,300 地点のアメダス観測地点における 33 年間（1976～2008 年）の降雨資料から、確率年 3、5、7、10、20、30 年に対応する値をそれぞれ求め図示されており、これらのうち、表-8.2.1 において排水施設の計画に必要な確率年 3、5、7、10 年の図が章末に示す【資料-1】～【資料-4】である。

なお、【資料-1】～【資料-4】の全国確率時間降雨強度 (R_n) の出典は(公社)日本道路協会のホームページ「道路土工要綱の排水関連の図」にあるので、参考にされたい。

〔計算例〕

京都府北部（舞鶴）を例にとり、 $\beta_n^{10} = \beta^{10}$ と簡略化した場合の特性係数法による降雨強度を式 (8.2.6) を用いて算定する。この際、降雨確率年を 7 年とし、降雨継続時間 t は 10 分超とする。

7 年確率 60 分雨量強度 R_7 を章末【資料-3】資図-3.3 から、降雨の地域特性を示す 10 分間特性係数 β^{10} を図-8.2.3 から読み取ると、

$$R_7 = 50\text{mm}$$

$$\beta^{10} = 2.3$$

よって、式 (8.2.7) により、7 年確率設計降雨強度式の補正係数 β と常数 b は以下となる。

$$\beta = \frac{60+b}{t+b} = \frac{60+28.5}{t+28.5} = \frac{88.5}{t+88.5}$$

$$b = \frac{60 - 10 \cdot \beta_n^{10}}{\beta_n^{10} - 1} = \frac{60 - 10 \cdot 2.3}{2.3 - 1} = 28.5 \quad \text{ただし、(降雨継続時間} = \text{流達時間 } t > 10\text{min)}$$

以上から、降雨強度は式 (8.2.6) により以下となる。

$$I_7 = R_7 \cdot \beta = 50 \times \frac{88.5}{t+28.5} = \frac{4,425}{t+28.5} \quad (\text{mm/h})$$

(5) 集水面積

集水面積は、地形図を用い地表面の種類別（流出係数別）に求める。地形図は、1/5,000 程度が適当であるが、やむを得ない場合は 1/10,000～1/50,000 によって求めるものとする。

(6) 流出係数

流出係数は、降雨及び地域の特性等に応じて異なるが、本技術書では、路面排水施設等の降雨確率年の低い排水施設に対して表-8.2.2(a)、(b)を、また暗渠（カルバート）のように降雨確率

年の比較的高い排水施設に対して表-8.2.3を用いる。

ただし、表-8.2.2(a)、(b)は、下水道施設の設計に用いられているものであり、路面、法面に對しては0.7～1.0程度の値が用いられている例が多い。

土地利用が単純でない場合には、その構成面積比率 P_i による加重平均値を用いる。

$$C = \Sigma(P_i \cdot C_i) \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.8)}$$

ここに、 C ：流出係数の加重平均値

P_i ：流出係数区分ごとの構成面積比率で流出量を求める流域全体を1.0とする。

C_i ： P_i が該当する流出係数

表-8.2.2(a) 地表面の工種別流出係数²⁾

地 表 面 の 種 類		流出係数
路 面	舗 装	0.70～0.95
	砂利道	0.30～0.70
路 肩 、 法 面 等	細粒土	0.40～0.65
	粗粒土	0.10～0.30
	硬 岩	0.70～0.85
	軟 岩	0.50～0.75
砂 質 土 の 芝 生	勾配 0～2%	0.05～0.10
	〃 2～7%	0.10～0.15
	〃 7%以上	0.15～0.20
粘 性 土 の 芝 生	勾配 0～2%	0.13～0.17
	〃 2～7%	0.18～0.22
	〃 7%以上	0.25～0.35
屋 根		0.75～0.95
閑 地		0.20～0.40
芝、樹林の多い公園		0.10～0.25
勾配の緩い山地		0.20～0.40
勾配の急な山地		0.40～0.60
田、水面		0.70～0.80
畑		0.10～0.30

表-8.2.2(b) 用途地域別平均流出係数²⁾

敷地内に間地が非常に少ない商業地域及び類似の住宅地域	0.80
浸透面の屋外作業場等の間地を若干もつ工場地域及び若干庭がある住宅地域	0.65
住宅公団団地等の中層住宅団地及び一戸建て住宅の多い地域	0.50
庭園を多く持つ高級住宅地域及び畑地等が割合残っている郊外地域	0.35

表-8.2.3 流出係数²⁾

路面及び法面	0.70～1.0	市街	0.60～0.90
急峻な山地	0.75～0.90	森林地帯	0.20～0.40
緩い山地	0.70～0.80	山地河川流域	0.75～0.85
起伏ある土地及び樹林	0.50～0.75	平地小河川流域	0.45～0.75
平たんな耕地	0.45～0.60	半分以上平地の大河川流域	0.50～0.75
湛水した水田	0.70～0.80		

(7) 流達時間

ア 流達時間

流達時間 (t) は、集水区域の最遠点から排水施設に達するまでの時間（流入時間 t_1 ）と、管渠等を流れて計画地点に達するまでの時間（流下時間 t_2 ）に分けられる。

路面排水の場合 $t=t_1$ 式 (8.2.9)

排水管・暗渠（カルバート）の場合 $t=t_1+t_2$ 式 (8.2.10)

として設計を行う。

流達時間は、流入時間と流下時間を分けて算出することを基本とする。

なお、流入・流下を問わず算定できる角屋・福島式、流入時間の算出としてルチハ式があるが、ここでは近年市道等で多く用いられている手法を紹介する。

(イ) 流入時間 (t_1)

a 経験値

流入時間は、地表の状況、勾配、集水区域の大きさ、形状その他多くの要素に左右される。しかし、一般には過去の経験から斜面長に応じて、以下の値をとって十分といえる。

山地 15～30 分

切土面 3～5 分

都市域 5 分

水路の最上流端部より上流の面積が 2.0km² 未満の場合 0.3 (h)

〃 2.0km² 以上の場合 0.5 (h)

b Kerby 式

$$t_1 = 1.445 \left(\frac{N \cdot L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} \dots\dots\dots \text{式 (8.2.11)}$$

t_1 : 流入時間 (min)

L : 集水区域最遠点からの流下長 (m) ただし、 $L \leq 370\text{m}$

S : 上記集水区域の勾配

N : Kerby の粗度係数で、表-8.2.4 に示す値である。

表-8.2.4 Kerby の粗度係数²⁾

工 種	粗度係数 N
アスファルト、コンクリート面	0.013
なめらかな不浸透面	0.02
なめらかな締固め土面	0.10
底密な芝地面、耕地	0.20
芝地牧草地	0.40
落葉樹林	0.60
針葉樹林	0.80

(イ) 流下時間 (t_2)

流下時間は、雨水流出量を求めようとする地点で、そこより上流の側溝、管渠等の最長延長をそれらの平均流速で除したもので近似される。平均流速は一般にマンニング式で求める。

a マンニング式

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.12)}$$

v : 平均流速 (m/s)

R : 径深 (m) = A/P [A : 通水断面積 (m²)、 P : 潤辺長 (m)]

i : 水路勾配

n : 粗度係数 (表-8.2.5)

流下時間 t_2 (s) は、

$$t_2 = L/v \quad \dots\dots\dots \text{式 (8.2.13)}$$

として求める。ただし、 L は流路長 (m) を示す。

都市部においては、平均流速は、側溝で 0.5～1.0m/s、また小口径管の排水管では 0.6～1.0m/s、大口径管では 0.8～2.0m/s が目安とされている。

表-8.2.5 粗度係数 n の値

① ライニング、擁壁水路、トンネル、暗渠、サイホン又は水管橋

水路の材料と状態		粗 度 係 数		
		最小値	標準値	最大値
コンクリート	(現場打ちフルーム、暗渠等)	0.012	0.015	0.016
〃	(吹付け)	0.016	0.019	0.023
〃	(既製フルーム、管等)	0.012	0.014	0.016
〃	(鉄筋コンクリート管)	0.011	0.013	0.014
コンクリートブロック積		0.014	0.016	0.017
セメント	(モルタル)	0.011	0.013	0.015
鋼	(ロックバー及び溶接)	0.010	0.012	0.014
〃	(リベット)	0.013	0.016	0.017
平滑な鋼表面	(塗装なし)	0.011	0.012	0.014
平滑な鋼表面及び管	(塗装)	0.012	0.013	0.017
波形表面	(鋼板)	0.021	0.025	0.030
鋳鉄	(塗装なし)	0.011	0.014	0.016
鋳鉄板及び管	(塗装)	0.010	0.013	0.014
塩化ビニル管			0.012	
強化プラスチック管			0.012	
陶 管		0.011	0.014	0.017
アースライニング			0.025	
アスファルト	(滑面)		0.014	
〃	(粗面)		0.017	
石 工	(粗石練積)	0.017	0.025	0.030
〃	(〃 空積)	0.023	0.032	0.035
全断面無ライニングの岩トンネル		0.030	0.035	0.040
底面だけコンクリートを打った無ライニングの岩トンネル		0.020	0.025	0.030
草生被覆	(芝張り)	0.030	0.040	0.050

② 掘削又はしゅんせつ水路

水路の材料と状態	粗 度 係 数		
	最小値	標準値	最大値
土、直線で一樣な場合			
1. 雑草なし（完成直後）	0.016	0.018	0.020
2. 〃 （野ざらし後）	0.018	0.022	0.025
3. 砂利 （雑草なし）	0.022	0.025	0.030
4. 短い草はあるが雑草は少ない	0.022	0.027	0.033
土、わん曲し一樣でない場合			
1. 植物被覆なし	0.023	0.025	0.030
2. 若干の雑草	0.025	0.030	0.033
3. 雑草又は水草密生深い	0.030	0.035	0.040
4. 底面は土で側面は粗石	0.028	0.030	0.035
5. 底面は石で側面は雑草	0.025	0.035	0.040
6. 底面は玉石で側面雑草なし	0.030	0.040	0.050
ドラグライン掘削又はしゅんせつ			
1. 植物被覆なし	0.025	0.028	0.033
2. 岸にかん木少々	0.030	0.050	0.060
岩掘削			
1. 平滑で一樣	0.025	0.035	0.040
2. 不規則	0.035	0.040	0.050

③ 自然流路

水路の材料と状態	粗 度 係 数		
	最小値	標準値	最大値
平野の小流路			
1. 雑草なく、直線で満水位の場合、割れ目や淵がない	0.025	0.030	0.033
2. 同上、ただし石や雑草が多い	0.030	0.035	0.040
3. 雑草はないが蛇行し、若干の淵や浅瀬がある	0.033	0.040	0.045
4. 同上、ただし若干の石、雑草がある	0.035	0.045	0.050
5. 同上、ただし低水位で勾配や断面の変化が少ない	0.040	0.048	0.055
6. 4. と同じであるが、更に石が多い	0.045	0.050	0.060
7. 緩やかな流れの区間で雑草や深い淵がある	0.050	0.070	0.080
8. 雑草の密生した区間、深い淵あるいは木立等が多い	0.075	0.100	0.115
山地流路で水路内に植物なく河岸は普通急勾配で、河岸沿いの木やかん木は高水位で水につかる。			
1. 河床は玉石、砂利	0.030	0.040	0.050
2. 河床は大きな玉石	0.040	0.050	0.070
大流路			
1. 大玉石やかん木のない規則断面	0.025		0.060
2. 不規則な粗い断面	0.035		0.100

b クラーベン式〔参考〕

流路勾配による雨水流下速度は、表-8.2.6による。

表-8.2.6 流路勾配と雨水流下速度との関係

<i>i</i>	1/100 以上	1/100～1/200	1/200 以下
<i>W</i>	12.6km/h	10.8km/h	7.6km/h

$$t_2 = \frac{L}{W} \dots\dots\dots \text{式 (8.2.14)}$$

i : 流路勾配

W : 雨水流下速度 (km/h)

L : 水路の最上流端からカルバート呑口までの流路長 (km)

***t*₂** : 降雨流下時間 (h)

c 概略値〔参考〕

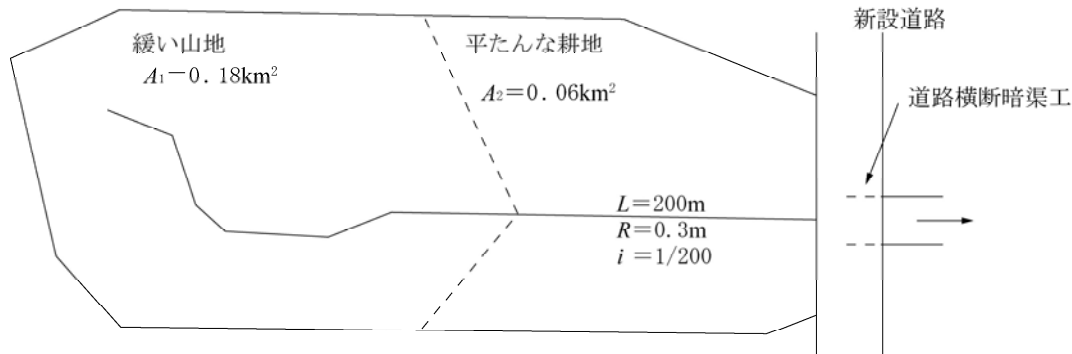
ほかに流達時間 (***t***) を決める手段のないときは、表-8.2.7の値を概略値として用いてもよい。

表-8.2.7 流達時間の概略値

雨 水 枺	約 5 分
側 溝 及 び 集 水 管	10～20 分
排 水 管	約 30 分

〔計算例〕

付図-8.2.1 に示すような流域を持つ道路横断暗渠工の設計流量を決定する。対象地域は兵庫県南部で、道路の設計交通量は1日500台未満とし、道路横断暗渠上流の平たんな耕地は1/200勾配で径深0.3mの現場打ちコンクリートの排水路を流下してくるものとする。



付図-8.2.1 流域模式図

(1) 流達時間

雨水が、流域最遠点から横断暗渠へ達するまでの時間を算出する。

ア 流入時間： t_1

平たんな耕地の排水路に流入する上流の緩い山地の流域は、 $A_1 = 0.18 \text{ km}^2$ であり、比較的流域面積は小さいといえるため、流入時間は以下とする。

$t_1 = 15 \text{ 分}$ [山地の経験値 15～30 分の最小値]

イ 流下時間： t_2

流下時間の対象となる平たんな耕地を流下する現場打ちコンクリートの排水路の平均流速は、マニング式 (8.2.12) により以下となる。

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} = \frac{1}{0.015} \cdot 0.3^{2/3} \cdot \left(\frac{1}{200}\right)^{1/2} = 2.1$$

v : 平均流速 (m/sec)

R : 径深 (m) = 0.3m

i : 水路勾配 = 1/200

n : 粗度係数 = 0.015 (表-8.2.5 の標準値)

流下時間 t_2 (sec) は、式 (8.2.12) により以下となる。

$$t_2 = L/v = 200/2.1 = 95 \text{ sec}$$

L : 排水路延長 (m) = 200m

ウ 流達時間： $t_1 + t_2$

上記から、流達時間は以下となる。

$$t_1 + t_2 = 15 \text{ min} + 95 \text{ sec} = 995 \text{ sec} (\div 16.6 \text{ min})$$

(2) 確率有効降雨強度式

表-8.2.1 を参考にして、採用降雨確率年は5年とする。近傍観測所での確率降雨強度式がないため、特性係数法により、5年確率降雨強度式を算定する。

5年確率60分雨量強度 R_5 を章末【資料-2】資図-2.3 から、降雨の地域特性を示す10分間特性係数を図-8.2.3 から読み取ると、

$$R_5 = 45 \text{ mm}$$

$$\beta^{10} = 2.3$$

よって、式 (8.2.7) により、5年確率設計降雨強度式の補正係数 β と常数 b は以下となる。

$$\beta = \frac{60+b}{t+b} = \frac{60+28.5}{t+28.5} = \frac{88.5}{t+28.5}$$

$$b = \frac{60-10 \cdot \beta_n^{10}}{\beta_n^{10}-1} = \frac{60-10 \cdot 2.3}{2.3-1} = 28.5 \quad \text{ただし、(降雨継続時間=流達時間 } t > 10 \text{ min)}$$

以上から、降雨強度は式 (8.2.6) の流達時間を 16.6min として以下となる。

$$I_5 = R_5 \cdot \beta = 45 \times \frac{88.5}{16.6+28.5} = \frac{4,425}{16.6+28.5} = 98 \text{ (mm/h)}$$

(3) 流出係数

流出係数は、式 (8.2.8) 及び表-8.2.3 から面積加重平均により求める。

$$C = \Sigma (P_i \cdot C_i) = \frac{0.18}{0.18+0.06} \times 0.75 + \frac{0.06}{0.18+0.06} \times 0.53 \div 0.70$$

緩い山地 : 流出係数 $C_1 = 0.75$. . . 表-8.2.3 の平均値
流域面積 $A_1 = 0.18 \text{ km}^2$

平たんな耕地 : 流出係数 $C_2 = 0.53$. . . 表-8.2.3 の平均値
流域面積 $A_2 = 0.06 \text{ km}^2$

(4) 流出量

流出量は、式 (8.2.1) の合理式から求める。

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3.6} \times 0.70 \times 98 \times 0.24 = 4.57 \text{ m}^3/\text{s}$$

ここで、 Q : 流出流量 (m^3/s)

C : 流出係数 = 0.70

I : 流達時間内降雨強度 (mm/h) = 98mm/h

A : 集水面積 (km^2) = $A_1 + A_2 = 0.18 + 0.06 = 0.24 \text{ km}^2$

以上から、道路横断暗渠工の設計流量は、 $Q = 4.57 \text{ m}^3/\text{sec}$ とする。